Aus dem bakteriologischen Institut in Bern

Versuche

über

Infektion durch Geschosse

(Schweiz. Ordonnanzgewehr, Modell 1889)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät der Universität Bern

vorgelegt von

Nadeschda Pustoschkin

aus Kasan (Russland)

Bern

Buchdruckerei Obrecht & Käser

1895

Auf Antrag von Prof. *Tavel* von der Fakultät zum Druck genehmigt.

Bern, den 24. Juli 1895.

Der Dekan: **H. Sahli.**

I. Einleitung.

Die Litteratur weist viele Arbeiten über Schiessversuche auf, aber in den meisten dieser Arbeiten wurde die Einwirkung des Geschosses auf die verschiedenen Gewebe nicht von dem bakteriologischen, sondern vom physikalischen Standpunkte, Sprengwirkung, Erwärmung u. s. w. untersucht. Da diese Forschungen keine direkte Beziehung zur vorliegenden Arbeit haben, so werden sie hier unberücksichtigt gelassen.

Zum Zwecke der bakteriologischen Untersuchung liegen, so viel ich weiss, keine direkten Schiessversuche vor, ausser einer Mitteilung von *Messner,* von welcher ich gleich sprechen werde. Doch kann man in einigen Berichten die Erwähnung von einer Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Einbringung von Infektionskeimen bei zufälligen Schüssen und in speciellen Experimentalarbeiten über die Einteilung von Fremdkörpern finden.

So hat *Meilly*[1] in einem Bericht über 128 Schusswunden konstatiert, dass der Tod in drei Fällen nach der Schussverletzung der Extremitäten durch Tetanusinfektion verurscht wurde, und dass der Träger der Infektion in einem dieser drei Fälle ein Papierfetzen der Platzpatrone war.

Fränkel[2] unternahm eine Reihe von Versuchen in Bezug auf das Verhalten der Wunden gegenüber Fremdkörpern. Dazu nahm er circa 1 cm^2 grosse Stücke von getragenem Tuche und Wäsche, welche er entweder ganz

[1] Refer., Centralblatt für Chirurgie, 1891.

[2] Refer., Centralblatt für Chirurgie, 1892.

unpräpariert, oder vorher sterilisiert, oder mit Staphylococcus aureus und Streptococcus pyogenes infiziert, Kaninchen in Hauttaschen und auch in tiefere Schnittwunden beibrachte. Aus diesen Experimenten zieht *Fränkel* den Schluss, dass die Fremdkörper in Wunden im allgemeinen keine oder nur geringe Eiterung, nie aber eine phlegmonöse Erkrankung hervorrufen, wenn sie nicht von specifischen Bakterien infiziert worden sind. Wenn auch die Wunden gewöhnlich eitern, so liegt die Ursache dieser Erscheinung nicht in den Fremdkörpern selbst, sondern in den Bakterien, welche aus der Luft in die Wunde gelangen, unabhängig vom Fremdkörper, wenn dieser, wie erwähnt, keine specifischen Keime mit sich bringt. Daher schlägt er vor, die Wunden möglichst schnell, auch ohne Entfernung der Fremdkörper, zu schliessen, und spricht die Meinung aus, dass als Schutz gegen das Eindringen der Mikroorganismen auch der Schorf dienen soll.

Auch *Bircher*[1] ist dieser Meinung, indem er annimmt, dass der Blutschorf als ein Schutzmittel gegen Eindringen von Bakterien betrachtet werden kann. Aber wenn die Mikroorganismen in die Wunde auf beliebigem Wege eingedrungen sind, so begünstigt im Gegenteil in einigen Fällen die Schorfbildung deren Entwickelung, was *Bircher* beim Eindringen von Tetanusbacillen beobachtet hat. Diese Bacillen werden in die Wunde eingeführt, wenn mit dem Geschosse Erde und Holzsplitter mitgerissen worden sind.

In seinen Experimenten kommt *Pfuhl*[2] zu denselben Schlüssen wie Fränkel, namentlich betont er, dass die Fremdkörper in den Wunden nicht so gefährlich seien, wie man früher dachte. «Die Gefahr der Wundinfektion

[1] Centralblatt für Chirurgie, 1893, Refer.

[2] Über die Infektion der Schusswunden. Zeitschrift für Hygieine, XIII.

tritt in der Regel erst dann ein, wenn die Schussverletzungen mit Fingern berührt werden, an denen virulente Wundinfektionserreger haften.» Er führte seine Versuche mit Tuchfetzen aus; diese Tuchfetzen wurden aus getragenen Soldatenkleidern ausgeschnitten und Mäusen und Kaninchen subcutan, intramusculär und intraperitoneal eingeimpft. In allen Fällen blieben die Tiere am Leben, die Tuchfetzen heilten glatt ein, nur in 3 Fällen aus 26 (bei Kaninchen) sah man eine Bildung von «kleinen grützbeutelartigen Cysten», aber weder mikroskopisch noch beim Kulturversuch wurden Mikroorganismen gefunden; dabei suchte *Pfuhl* die Infektion durch künstlich erzeugte Stauung oder durch Gebrauch von verhältnismässig grossen Stücken Tuch ($^1/_3$ cm breit und 2—3 cm lang) zu begünstigen, aber die Resultate blieben stets negativ. Dagegen haben Versuche mit Tuch, welches vorher mit Staphylo- oder Streptococcen infiziert wurde, einen positiven Erfolg gehabt.

Reger,[1] die Vorzüge der neuen Kleinkalibergeschosse besprechend, betont, dass die Enge des Schusskanals ein Hindernis für den Eintritt der Mikroorganismen darstellt, indem sich hierbei sehr leicht Verstopfung durch Blutgerinnsel bildet.

Bruns[2] bestreitet die Meinung jener Autoren, welche glauben, dass jede Schusswunde möglichst schnell geschlossen werden muss, weil sie ganz aseptisch ist. *Bruns* sagt, dass man eine rasche Schliessung nur bei den Schusswunden leichteren Grades ausführen darf, d. h. in den Fällen, in welchen die Wunden von der Infektion

[1] Bericht über die Verhandlungen der deutschen Gesellschaft für Chirurgie, XXI. Kongress. Beilage zum Centralblatt für Chirurgie, 1892, Nr. 32.

[2] Ibidem. Orig. Refer.

fern bleiben, dass aber die grosse Mehrzahl der Wunden zu dieser Kategorie nicht gehört.

Messner,[1] welcher sich mit dem Verhalten der Mikroorganismen bei Schiessversuchen beschäftigt hatte, teilt mit, dass die frühere Ansicht über die Desinfektion der Kugel infolge ihrer Erwärmung während des Fluges verlassen werden muss. *Bruns* und *Kikuzi* fanden, dass die stärkste Erhitzung der Kugel bis 210° betragen kann und *Beck* fand diesen Wert noch kleiner, nur etwas über 100°. Aber es kommt die Erhitzung der Kugel, wie *Messner* betont, auch zu dieser T° unter gewöhnlichen Bedingungen, d. h. bei Schusswunden, nicht vor, weil diese Erhitzung nur bei grösster Geschwindigkeit und beim Anprallen an grösste Widerstände, so z. B. auf dicke Eisenplatten, erreicht wird. Da angenommen wird, dass unter den drei Faktoren, welche die Erhitzung der Kugel verursachen, der hauptsächlichste dieser Anprall ist, so kann man sagen, dass die Bedingungen zu einer so starken Erhitzung im menschlichen Körper nicht vorhanden sind, weil nur die Knochen einen gewissen Widerstand darbieten, die Muskeln aber einfach auseinander weichen, daher kann die Erhitzung als nicht gross genug für die Desinfektion betrachtet werden.

Messner machte seine Versuche mit dem 7 mm-Kaliber-Ordonnanz-Gewehr und dem früheren 11 mm-Ordonnanz-Gewehr mit voller Pulverladung in der Entfernung von 125 und 250 m. Er schoss in frei aufgehängte Blechbüchsen, welche mit Gelatine gefüllt waren und einen Pergamentdeckel hatten. Dann wurde die durchschossene Büchse in eine grössere sterilisierte Büchse hineingelegt,

[1] Bericht über die Verhandlungen der deutschen Gesellschaft für Chirurgie, XXI. Kongress. Beilage zum Centralblatt für Chirurgie, 1892, Nr. 32.

später die Gelatine mit einem ausgeglühten Spatel herausgenommen und unter eine sterilisierte Glasglocke gebracht. Dabei brachte er unter die Glasglocke nur die Gelatinecylinder aus denjenigen Büchsen, welche nicht auf die Erde gefallen waren und in denen der Schusskanal in der Mitte verlief.

Messner stellte die Versuche an: 1. mit nicht infizierten Kugeln, 2. mit infizierten Kugeln, 3. mit nicht infizierten Kugeln, aber in solche Büchsen, welche vor dem Pergamentdeckel einen infizierten Flanellüberzug trugen. Die Gelatine und die Büchsen waren dabei immer sterilisiert. Bei jenen Versuchen, in welchen vorerst eine Infektion der Kugel oder des Tuches gemacht wurde, hat er zu diesem Zwecke die Reinkulturen von 1. Staphylococcus pyogenes, 2. Bacillus des grünen Eiters, 3. Prodigiosus verwendet.

Um die Verhältnisse der Mikroorganismen bei stärkerer Erhitzung zu untersuchen, suchte er den Lauf möglichst heiss zu machen, was durch 15—20 aufeinanderfolgende Schüsse erzielt wurde, und nur darauf schoss er mit der infizierten Kugel.

Bei den Versuchen mit infizierten Kugeln oder bei Schüssen mit nicht infizierten Kugeln durch infiziertes Tuch bekam der Experimentator positive Resultate, d. h. es wuchsen im Gelatinecylinder gerade diejenigen Bakterien, welche für die Infektion gebraucht wurden. Bei Schüssen mit nicht infizierten Kugeln in sterilisierte Gelatine blieb die letztere steril, oder es entwickelten sich häufiger Schimmelpilze oder Bakterien aus der Luft.

Messner stellte auch Kontrollversuche an, indem er die Gelatinecylinder mit einer infizierten Kugel durchstiess und die Kugel gleich wieder zurückzog.

Durch diese Versuche begründete *Messner* die oben erwähnte Meinung, dass das Geschoss durch die Erhitzung nicht sterilisiert wird. Er sagt: «Aus allen diesen meinen Versuchen geht also deutlich hervor, dass die Erhitzung des Geschosses, welche dasselbe im Laufe erleidet, nicht im stande ist, dem Geschosse anhaftende Bakterien abzutöten oder auch nur in ihrer Entwicklung zu hemmen.»

II. Methodik der Versuche.

Ich unternahm im Laboratorium von Herrn Prof. *Tavel* Versuche, welche den Zweck hatten, folgende Fragen, die für die Behandlung der Schusswunden von grosser Wichtigkeit sind, zu entscheiden: 1. Den Einfluss eines vor dem Ziele vorgelegten infizierten Gegenstandes, wenn sonst Kugel und Lauf steril sind. Diese Frage ist wichtig, weil dadurch entschieden werden kann, ob eine Kugel, welche z. B. die Kleidung eines Menschen durchdringt, Mikroorganismen, welche da haften, mit sich in die Wunde einzuführen im stande ist, und ob man die Wunde von vornherein infiziert zu betrachten hat. Diese Frage suchte ich durch das Vorlegen eines infizierten Tuches vor das Ziel zu lösen. 2. Den Einflus einer infizierten Kugel, wenn sonst Ziel und Lauf steril sind. Es zeigt sich, dass die Kugel Trägerin von Mikroorganismen[1] werden kann, welche am Papier und hauptlächlich im Fett vorhanden sind. 3. Den Einfluss eines infizierten Laufes bei steriler Kugel. Man kann nämlich nie sicher sein, dass der Lauf frei von Mikroorganismen bleibt. Es giebt viele Gelegenheiten, wo er z. B. vermittelst Erde infiziert werden kann. 4. Den Einfluss einer starken Erhitzung des Laufes, wie sie vorkommt, wenn mehrere Schüsse nacheinander abgegeben

[1] Fälle von Infektion mit Tetanusbacillen.

werden. Diese Erhitzung wurde dadurch erzielt, dass vor dem Versuch ein Magazinfeuer abgegeben wurde. 5. Man wollte auch wissen, wie lange der Lauf bei Serienschüssen infiziert bleibt; daher folgten nach jedem Versuch mit infizierter Kugel und infiziertem Lauf ein oder mehrere Kontrollschüsse mit desinfizierter Kugel.

Zur Ausführung dieser Versuche bediente ich mich einer von Professor *Tavel* schon im August 1894 in zwölf Versuchen angewandten Methode, die sich dann bewährte.

Das Gewehr wird auf ein Stativ zum genauen Visieren und Schiessen fixiert.

Als Ziel wurden Gelatinebüchsen angewandt, die auf einen geeigneten Klotz gelegt wurden, vor welchen mittelst eines Rahmens infiziertes Tuch gespannt werden konnte.

Ich unterlasse eine genauere Beschreibung der Einrichtung und verweise auf das beiliegende Photogramm. An dieser Stelle möchte ich Herrn Dr. Krummbein, der die Güte gehabt hat, die Photographien aufzunehmen, meinen aufrichtigsten Dank aussprechen.

Die Vorbereitungen zum Versuch bestanden im folgenden: Die Desinfektion der Kugel wurde in der Weise ausgeführt, dass die Kugeln, von welchen das eingefettete Papier abgenommen wurde, mit Äther, Alkohol und Sublimat gründlich abgerieben und in eine mit Sublimat durchtränkte Watte eingewickelt wurden, um das Eindringen von Mikroorganismen aus der Luft zu verhindern; aus dem gleichen Grunde wurde diese Desinfektion möglichst kurz vor dem Versuche vorgenommen. Das viereckige Stück Tuch mit den an den Ecken befestigten Bändchen wurde in Form eines Cylinders in ein Reagenzgläschen gebracht, mit Wattepfropf geschlossen und im

strömenden gespannten Dampf nach der im Laboratorium üblichen Methode sterilisiert.

In den ersten Versuchen wurde auch der Lauf mit Hülfe eines mit 5 % Karbolsäure durchtränkten Wattebausches desinfiziert; aber in späteren Versuchen wurde diese Desinfektion aufgegeben, weil viel Versuche gezeigt hatten, dass auch ohne Desinfektion des Laufes die durchschossene Gelatine steril blieb, wenn die Kugel und der Lauf nicht vorher infiziert wurden.

Die Sterilisation der Gelatine geschah nach den gewöhnlichen Regeln; ein Unterschied bestand nur darin, dass die Gelatine nicht sogleich mit den sie enthaltenden Gefässen, in diesem Falle Blechbüchsen, sterilisiert wurde, sondern diese letzteren zuerst, entweder leer oder mit Wasser gefüllt, in gespanntem Dampf sterilisiert, erst nachher mit Gelatine gefüllt und zum zweitenmal sterilisiert wurden. Diese zweimalige Sterilisation hatte den Zweck, möglichst gegen die Schimmelpilze zu schützen. Die Büchsen waren cylindrisch, 10 cm hoch und 5 cm im Diameter. Sie wurden mit einem gut passenden Deckel geschlossen; der Deckel wurde vor dem Schusse abgenommen.

Für die Infizierung des Tuches und der Kugel wurde eine Reinkultur der gegebenen Mikroorganismen in Bouillon oder Agar gebraucht, für den Lauf wurden nur Bouillonkulturen genommen.

Das Tuch wurde vorerst auf dem Rahmen befestigt und hernach die zu durchschiessende Stelle mit 4 bis 5 Platinöhsen Reinkulturen bestrichen. Dabei ist zu bemerken, dass nur die Aussenseite des Tuches bestrichen wurde, nicht die zur Gelatine gekehrte, um die Möglichkeit zu vermeiden, dass Bakterien durch Erschütterung des Tuches während des Durchtrittes der Kugel auf die Gelatine projiciert werden könnten.

In einigen Vorversuchen wurde die Infizierung der Kugeln zur Nachahmung der natürlichen Verhältnisse mit zuerst sterilisiertem und dann mit 1—2 Platinöhsen der zu untersuchenden Kultur infiziertem Talg vorgenommen. Später hielt man sich an die einfache Infizierung der Kugel mit Reinkultur.

Um den Einfluss der Reibung und der Erhitzung getrennt zu studieren, wurde in einem Teil der Versuche nur die Stahlspitze, in anderen nur der darunter liegende Bleicylinder infiziert.

Dabei ist zu bemerken, dass die Versuche mit den an den Stahlspitzen infizierten Kugeln nur nach einem Magazinfeuer ausgeführt wurden, da die vorher ausgeführten Versuche mit den am Bleikörper infizierten Kugeln schon zeigten, dass die Reibung der Kugel im Laufe die Infektion der Gelatine nicht ausschliesst. Daher konnte man nur den Einfluss der Erhitzung des Laufes auf die an der Spitze infizierten Kugeln studieren, weil die Reibung hier nicht in Betracht kommt.

In einigen Versuchen brauchte man für die Infizierung des Laufes eine kleine Bürste, welche in eine Bouillonkultur eingetaucht wurde und in dieser Weise infiziert in den Lauf eingeführt wurde. In den meisten Versuchen wurde direkt in den Lauf $^1/_4$ bis $^1/_2$ cm^3 einer Bouillonreinkultur eingegossen, was sich als gleichwertig herausstellte.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde der Einfluss einer möglichst starken Erhitzung des Laufes untersucht dadurch, dass vor dem Versuche ein Magazinfeuer von 12 Schüssen mit 600 m Anfangsgeschwindigkeit so schnell wie möglich abgegeben wurde.

Nachdem einige Büchsen mit Gelatine durchschossen waren, wurden sie, mit dem Deckel geschlossen, ins La-

boratorium gebracht und direkt der weiteren Untersuchung unterworfen. Der Schusskanal mit der ihn unmittelbar umgebenden Schicht Gelatine wurde in Reagenzgläser übertragen. Diese Gläser hatten $2^1/_2$ cm im Diameter und liefen am untern Ende in eine Spitze aus. Sie wurden vorher in der trockenen Hitze mit dem Wattepfropf geschlossen und, vollständig mit Watte umgeben, sterilisiert. Vor dem Gebrauche wurde die Spitze abgebrochen, um den Austritt der Luft zu ermöglichen, dann wurde das Reagenzglas auf die Büchse umgeschlagen und mit den vorher geglühten Rändern in die Gelatine eingebohrt. So bekam man einen Gelatinecylinder, dessen Centrum vom Schusskanal eingenommen wurde. Dieser Cylinder wurde heruntergeschleudert, die Ränder des Glases wieder geglüht, das Glas mit dem Wattepfropf geschlossen und die Spitze wieder zugeschmolzen.

Nachdem sich in den Glasröhren das Wachstum gezeigt hatte, wurden, um die Identität der geimpften Bakterien nachzuweisen, mikroskopische Präparate gemacht; ebenso wurde unter Umständen auch das Verhalten in den Nährböden studiert, wozu man sich der Überimpfung der im Schusskanal ausgewachsenen Kolonien in andere Nährböden bediente.

Infolge ihrer Durchsichtigkeit wurde als Nährboden die Gelatine gewählt, weil sie das beste Bild des Schusskanals und der darin sich entwickelnden Kulturen giebt. Ein Nachteil bestand nur darin, dass einige Bakterien in ihr zu langsam wachsen. Es war aber wünschenswert, dass das Wachstum der Bakterien dem Schimmelwachstum vorangehe, welches, wie oben bemerkt, nicht immer zu vermeiden war. Das schnelle Wachstum war umsomehr erwünscht, als die Kultivierung im Schusskanal immer langsamer als in gewöhnliche Gelatinekultur vor sich ging.

Die Versuche wurden mit: 1. Bacillus ruber, 2. Bacillus coli, 3. Streptococcus und 4. Bacillus subtilis vorgenommen.

Zur leichteren Erkennung des Wachstums der Bakterien, welches nicht so leicht ist, wie in der gewöhnlichen Stichkultur, wurden solche Bakterien gewählt, welche erstens die Gelatine nicht verflüssigen und zweitens ein Pigment bilden — wie Bacillus ruber — und dann wurden die Versuche mit anderen, wenn auch kein Pigment bildenden, so doch die Gelatine verflüssigenden Bacillen, wie Bacillus coli, Streptococcus, gemacht.

Es wurden auch Versuche mit sporenbildenden Bacillen vorgenommen, mit Bacillus subtilis, obwohl er die Gelatine verflüssigt.

III. Versuche.

A. Schiessversuche durch infiziertes Tuch.

1. Bacillus ruber:

a. Versuch vom 20./XII.
Wachstum am 22./XII.
Anordnung: am Ausschuss (ca. 50 Kolonien).

b. Versuch vom 15./I.
Wachstum am 25./I.
Anordnung: an der Oberfläche, im Schusskanal der ganzen Länge nach und in 7 Rippen.

c. Magazinfeuerversuch am 13./II.
Wachstum am 14./II.
Anordnung: an der Oberfläche, längs des Schusskanals und in 6—7 Rippen.

2. Bacillus coli:

a. Versuch vom 17./I.
Wachstum am 21./I.

Anordnung: an der Oberfläche spärliche Kolonien nur um die Ausschussöffnung herum, zahlreicher in 11 Rippen und im Schusskanal, die Zahl der Kolonien nimmt zur Peripherie kaum ab.

b. Versuch nach Magazinfeuer am 26./III.
Wachstum am 28./III.
Anordnung: spärliche Kolonien an der Oberfläche, viel zahlreicher im Schusskanal und in 4 Rippen

3. Streptococcus pyogenes:

a. Versuch am 15./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: in überwiegender Menge im Schusskanal.

b. Versuch nach Magazinfeuer am 12./II.
Wachstum am 13./II.
Anordnung: längs des ganzen Schusskanals und in 5—6 Rippen.

4. Bacillus subtilis:

a. Versuch am 15./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: an der Oberfläche und längs des Schuss kanals, Verflüssigung.

b. Versuch nach Magazinfeuer am 19./II.
Wachstum am 28./II.
Anordnung: spärliche Kolonien im Schusskanal.

B. Schiessversuche mit infizierter Kugel und Infektion des cylindrischen Bleikörpers.

1. Bacillus ruber:

a. Versuch am 15./I.
Wachstum am 28./I.
Anordnung: an der Oberfläche und längs des Schusskanals.

b. Versuch nach Magazinfeuer am 13./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: längs des Schusskanals und in 6—7 Rippen.

2. Bacillus coli:

a. Versuch am 17./I.
Wachstum am 22./I.
Anordnung: nur an der Oberfläche.
b. Versuch am 23./I.
Wachstum am 31./I.
Anordnung: nur an der Oberfläche.
c. Versuch am 9./II.
Wachstum am 11./II.
Anordnung: an der Oberfläche im mittleren Teil des Schusskanals und in 2 Rippen.
d. Versuch nach Magazinfeuer am 7./II.
Wachstum am 18./II.
Anordnung: längs des Schusskanals.

3. Streptococcus pyogenes:

a. Versuch am 6./II.
Wachstum am 13./II.
Anordnung: spärliche Kolonien im ganzen, spärlicher am Aus- als am Einschuss; nach sieben Tagen zeigten sich Kolonien längs des ganzen Schusskanals.
b. Versuch nach Magazinfeuer am 31./I.
Wachstum am 5./II.
Anordnung: in der ganzen Länge des Schusskanals.
c. Versuch nach Magazinfeuer am 12./II.
Kein Wachstum von Streptococcen.
d. Versuch nach Magazinfeuer am 22./II.
Wachstum am 27./II.

Anordnung: hauptsächlich an der Oberfläche neben dem Schusskanal.

4. Bacillus subtilis.

a. Versuch am 30./I.
Wachstum am 5./II.
Anordnung: am 5./II. zahlreiche Kolonien an der Austrittstelle der Kugel, am 8./II. fing die Verflüssigung an. Am 18./II. waren die Kolonien zusammengeflossen und blieben immer an der Ausschussöffnung.

b. Versuch nach Magazinfeuer am 29./I.
Wachstum am 31./I.
Anordnung: an der Oberfläche und im Schusskanal zahlreiche Kolonien. Die Verflüssigung trat nur spät ein.

c. Versuch nach Magazinfeuer am 19./II.
Wachstum am 28./II.
Anordnung: längs des ganzen Schusskanals, ebenso die Verflüssigung, beides an der Oberfläche am stärksten.

C. Infektion der Stahlspitze.

1. Bacillus ruber.

Versuch am 13./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: in zwei Rippen, die Zahl der Kolonien war sehr gering.

2. Bacillus coli.

Versuch am 26./II.
Wachstum am 1./III.
Anordnung: nur an der Oberfläche.

3. Streptococcus.

Versuch am 12./II.
Wachstum am 13./II.
Anordnung: die Kolonien waren deutlicher an der Ausschuss- als an der Einschussöffnung; am 28./II. sah man mehrere Tausende von Kolonien in 9 Rippen.

4. Bacillus subtilis.

Versuch am 19./II.
Wachstum am 28./II.
Anordnung: längs des ganzen Schusskanals, gegen die Oberfläche stärker.

D. Versuche mit infiziertem Lauf.

1. Bacillus ruber.

a. Versuch am 20./XII.
Wachstum am 27./XII.
Anordnung: an der Oberfläche.

b. Versuch am 15./I.
Wachstum am 24./I.
Anordnung: viele Kolonien an der Oberfläche und in 3 Rippen.

c. Versuch am 28./I.[1]
Wachstum am 5./II.
Anordnung: einige Tausende von Kolonien längs des ganzen Schusskanals und in zehn Rippen.

Der nach diesem Versuche folgende Kontrollversuch bildet eine Ausnahme, weil im Reagenzglase am 18./II., also 13 Tage später als im Versuchsglase selbst, im Schusskanal näher zum Ausschuss fünf Kolonien von Bacillus ruber wuchsen.

[1] Photographie.

d. Versuch nach Magazinfeuer am 13./II.
Gelatine steril geblieben.

2. Bacillus coli.

a. Versuch am 17./I.
Kein Wachstum von Bacillus coli.

b. Versuch am 23./I.
Kein Wachstum von Bacillus coli.

c. Versuch am 8./II.
Wachstum am 18./II.
Anordnung: spärliche Kolonien am Ausschuss.

d. Versuch am 15./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: nur an der Oberfläche.

e. Versuch nach Magazinfeuer am 7./II.
Kein Wachstum von Bacillus coli.

f. Versuch nach Magazinfeuer am 26./II.
Gelatine steril geblieben.

3. Streptococcus pyogenes.

a. Versuch am 6./II.
Wachstum am 12./II.
Anordnung: Hunderte von Kolonien, dabei waren die meisten um Ein- und Ausschuss, die geringere Zahl im Schusskanal.

Der Kontrollversuch, welcher nach diesem Versuch folgte, gehört auch zu den Ausnahmen, weil er ein positives Resultat ergab, d. h. es wuchsen in diesem Falle Streptococcen.

b. Versuch am 15./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: Tausende von Kolonien in 5—6 Rippen längs des ganzen Schusskanals.

c. Versuch nach Magazinfeuer am 31./I.
Wachstum am 5./II.
Anordnung: an der Einschussöffnung und von da verteilten sich die Kolonien nach oben längs des Schusskanals.

d. Versuch am 12./II.[1]
Wachstum am 13./II.
Anordnung: an der Ausschussöffnung deutlicher als am Einschuss, später ca. 200 Kolonien, Wachstum längs des ganzen Schusskanals.

4. Bacillus subtilis.

a. Versuch am 30./I.
Wachstum am 5./II.
Anordnung: von der Ausschussöffnung nach unten bis zur Hälfte des Schusskanals.

b. Versuch am 15./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: zahlreichere Kolonien am Aus- als am Einschuss.

c. Versuch nach Magazinfeuer am 29./I.
Kein Wachstum von Bacillus subtilis.

d. Versuch nach Magazinfeuer am 19./II.
Wachstum am 21./II.
Anordnung: die ersten Kolonien erschienen an der Einschussöffnung, später im ganzen Kanal.

IV. Ergebnisse der Versuche.

Was die Geschwindigkeit des Wachstums der für die Versuche gebrauchten Bakterien im Schusskanale betrifft, so kann man darüber nichts Definitives mitteilen, weil

[1] Photographie.

dieselbe Art von Bakterien unter den gleichen Bedingungen des Versuches, der Züchtung u. s. w. eine verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit zeigte.

Ein Unterschied zeigt sich aber, wie oben bemerkt, bei der Kultivierung der Bakterien im Schusskanal und in einer Stichkultur. Diese Kulturen werden unter ganz gleichen Bedingungen, d. h. in denselben Nährböden und aus derselben Kultur angelegt, und doch verspätete sich stets das Wachstum im Schusskanal. Der Grund dieses langsamen Wachstums konnte nicht mit Sicherheit eruiert werden; möglicherweise ist er in der Wirkung der Hitze und der Reibung, welche die Bakterien beim Passieren des Laufes erfuhren, zu suchen.

Bevor ich zur Beschreibung der relativen Verteilung der Bakterien im Schusskanal übergehe, möchte ich noch bemerken, dass beim Durchschiessen der Gelatine ausser der Bildung des Schusskanals im Centrum man noch in der Mehrzahl der Fälle eine Bildung von Spalten beobachtete; dieselben gingen in Form von radiär gestellten Rippen vom Centralkanal nach den Seiten, erreichten aber die Wände des Glases nicht. Das Wachstum der Kolonien wurde im Centralkanal und in diesen Rippen, aber nicht in allen Fällen gleich beobachtet. Im allgemeinen verminderte sich die Zahl der Kolonien vom Centralkanal nach den Rippen zu. Bacillus ruber und Bacillus subtilis wachsen hauptsächlich an der Oberfläche, indem sie in den Schusskanal nur spärlich Kolonien aussenden; dabei wächst Bacillus ruber an der Oberfläche üppiger als Bacillus subtilis. Bacillus coli wächst am besten längs des Schusskanals, indem viele Kolonien sich in den Rippen verteilen; an der Oberfläche wächst er nur schwach, indem er nur einige Kolonien unmittelbar an der Ausschussöffnung bildet.

Im Gegensatz zu den übrigen wächst Streptococcus am besten am Boden, d. h. am Einschuss, aber auch längs des Schusskanals bildet er zahlreiche Kolonien; an der Oberfläche sind sie sehr spärlich.

In den Versuchen, wo durch Tuch geschossen wurde, konnte man auch die Verteilung der Tuchfäden im Schusskanal beobachten: am zahlreichsten waren sie an der Ausschussöffnung, aber auch längs des Schusskanals sah man sie nach allen Seiten verteilt. Da die Verteilung der Bakterien mehr oder weniger deutlich ausgeprägt in allen Versuchen zu beobachten war, so kann man daraus schliessen, dass die Art der Infektion (infiziertes Tuch, infizierte Kugel oder infizierter Lauf) keinen Einfluss auf die Verteilung hat, die gegebenen Mikroorganismen aber selber für die geeignetsten Lebensbedingungen in Bezug auf Luft, Licht und Platz wählen und unter diesem Einfluss sich so oder anders verteilen.

Es wurden neun Versuche mit dem infizierten Tuch ausgeführt; dabei wurde die Gelatine in allen Fällen infiziert. Auf die erste Frage kann man also diese positive Antwort geben: *die Kugel reisst etwaige, an den durchschossenen Gegenständen haftende Infektionsstoffe sowohl wie Partien der Gegenstände selbst mit sich und deponiert sie in später getroffenen Objekten, und zwar bleiben dabei die Infektionsstoffe entwicklungsfähig, gleichviel ob nach Magazinfeuer oder als Einzelschuss.*

Die Versuche, in welchen die Kugeln in 13 Fällen am cylindrischen Körper und in vier Fällen an der Stahlspitze infiziert wurden, zeigten, dass die Kugel die ihr gegebenen Mikroorganismen in den Gelatinekanal implantierte. Nur in einem Falle von den 13 Fällen war die Infizierung erfolglos geblieben; die vier Fälle der Infizierung an der Stahlspitze, trotzdem sie nach Magazin-

feuer folgten, ergaben positive Resultate. Also *weder die Reibung der Kugel im Laufe, noch dessen starke Erhitzung infolge eines Magazinfeuers können die Entwicklungsfähigkeit der durch die Kugel transportierten Mikroorganismen beeinträchtigen.*

Die meisten Fälle, in welchen die Infektion der Gelatine ausgeblieben ist, gehören zu den Versuchen mit infiziertem Lauf; man kann daraus schliessen, dass *bei dieser Versuchsseite die Bedingungen für das Mitgerissenwerden noch lebensfähiger Bakterien durch die Kugel ungünstiger sind als bei den Versuchen mit infizierter Kugel, und zwar speciell nach Magazinfeuer.*

Wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich ist, fand unter sieben einschlägigen Versuchen vier Mal keine Entwicklung von Bakterien statt.

Die Kontrollversuche zeigten, *dass die Infektiosität nach den Schüssen mit infiziertem Laufe oder infizierter Kugel in der Regel erloschen ist.* Nur in zwei Fällen nach Infizierung des Laufes wuchsen die gegebenen Bakterien noch in den Kontrollgläsern.

Obige Regel gilt also ohne Ausnahme für Schüsse mit infizierter Kugel, während sie bei solchen mit infiziertem Lauf nicht absolut gültig ist.

Versuche mit desinfizierten Kugeln wurden drei vorgenommen; sie wurden in dieser nur geringen Zahl darum ausgeführt, weil schon in allen Kontrollversuchen (mit Ausnahme von zwei) die Infektion nicht erfolgt.

In den Versuchen von *Messner* wurde nie beobachtet, dass in der durchschossenen Gelatine die für die Infektion verwendeten Bakterien nicht gewachsen wären, was einen Unterschied in den Resultaten mit den hier angeführten ausmacht; aber das hing vielleicht teilweise davon ab, dass *Messner* keine Versuche mit dem infi-

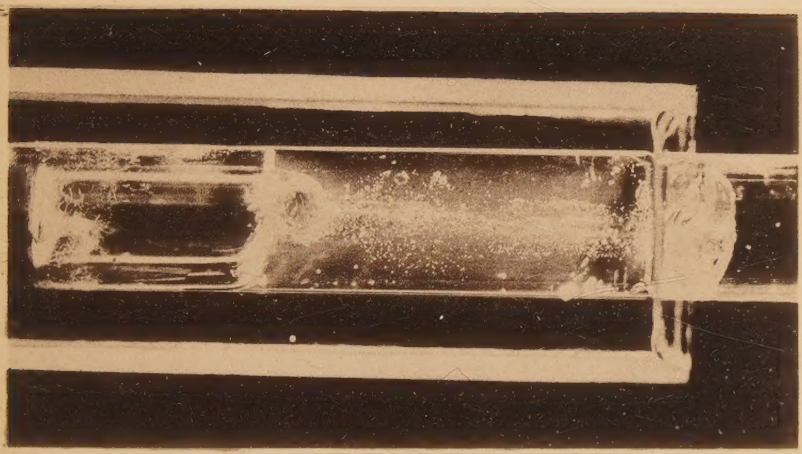
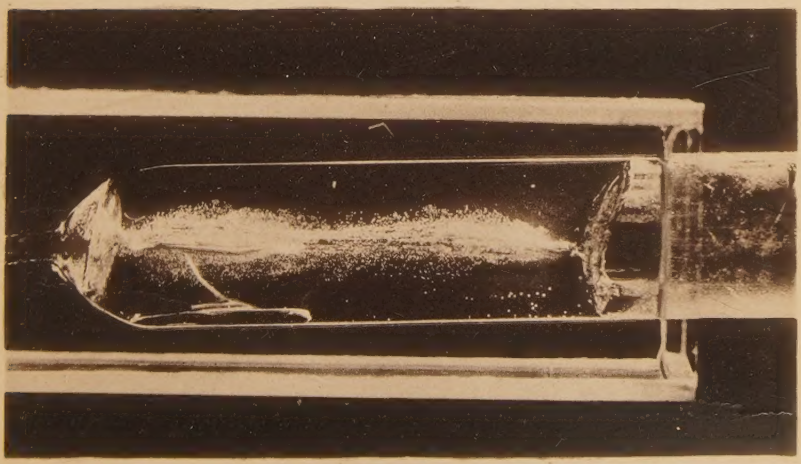
zierten Lauf gemacht hatte, zu denen aber, wie oben auseinander gesetzt wurde, die meisten Versuche gehörten, welche ein negatives Resultat ergeben haben. Ferner sah *Messner* bei den Beobachtungen des Wachstums der Bakterien in der durchschossenen Gelatine und in einem Gelatinecylinder, durch welchen er die infizierte Kugel durchgestossen hatte, das Wachstum in beiden Nährböden gleichzeitig und in gleicher Weise auftreten. In meinen Versuchen verspätete sich das Wachstum in den durchschossenen Gelatinecylindern stets im Vergleich mit den Gelatinestichkulturen. Vielleicht hängt das von der verschiedenen Impfungsmethode ab. Das gleiche kam, wie bei *Messner*, so auch bei mir vor, dass nämlich ausser den Bakterien, welche für den Versuch gebraucht wurden, häufig noch Schimmel wuchsen, was ich mir aus dem Gebrauch von Blechbüchsen erkläre, welche nicht gut zu sterilisieren waren.

Um die Übersicht der Zahlen zu erleichtern, ist hier eine Tabelle zusammengestellt worden.

		gewachsen	nichtgew.	Total	
Infizierung des Tuches	mit Einzelfeuer .	5	0	5	0 auf 9
	Versuch n. Mag.-Feuer	4	0	4	
Infiz. der Kugel	Infiz. am Blei mit Einzelfeuer .	6	0	6	1 auf 13
	Infiz. am Blei Versuch n. Mag.-Feuer	6	1	7	
	Inf. d. Spitze » » »	4	0	4	
Infizierung des Laufes	mit Einzelfeuer .	9	2	11	6 auf 18
	Versuch n. Mag.-Feuer	3	4	7	
		37	7	44	

Wie aus der Auseinandersetzung und aus der Tabelle ersichtlich, werden bei den Schüssen durch Tuch und ferner bei den Schüssen mit der infizierten Kugel den Bakterien günstigere Bedingungen für die weitere Entwickelung gegeben, als bei den Schüssen durch den infizierten Lauf.

Auf Grund dieser Versuche kann man sagen, dass die Schusswunden für infiziert gehalten werden müssen, da die Möglichkeit dazu von mehreren Seiten gegeben wird. Von der Kleidung und der Haut werden die Bakterien sicher in die Wunde implantiert, ebenso diejenigen, welche die Kugel auf sich im sie bedeckenden Fette trägt, etwas weniger sicher ist die Infektion durch passieren eines infizierten Laufes bedingt. Thatsache ist, dass in der freien Natur die Infektion aller dieser Gegenstände nicht von einer so grossen Menge von Bakterien bedingt ist.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Professor Tavel für die mir zu teil gewordene Anregung zur Arbeit, sowie für die Mitteilung seiner neuen Methode der Schiessversuche und die stetige bereitwillige Unterstützung meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

SCHÜLER & BALMER, PH. BERN.